

# ケーブルボルト打設模擬岩盤不連続面のせん断試験による補強効果の評価

関西電力 正会員○土井智史, 袋井 肇  
ニュージェック 正会員 平川芳明, 中村 真

## 1. まえがき

ケーブルボルト(以下 CB と略す)は、鉱山等で不連続性岩盤の支保として多く用いられてきたが、補強効果の定量的な評価はほとんどなされておらず、経験から支保パターンを設定している場合がほとんどである。近年、長尺ボルトの打設が可能であること、PS 工のように口元の加工や緊張作業が不要である等の施工性のよさから土木分野への利用が注目されており、トンネル切羽での鏡止めボルトや縫地ボルトといった施工事例が見受けられる<sup>1)</sup>。

しかし、トンネルや地下空洞等に CB を適用する場合、補強効果の定量的評価は設計上不可欠である。本検討では実用 CB を打設した模擬岩盤不連続面のせん断試験を実施し、その補強効果の評価を試みた。さらに、前回実施したロックボルト打設模擬岩盤不連続面のせん断試験結果<sup>2)</sup>と比較し、異なる支保部材による補強効果の違いについて検討した。

## 2. 試験概要

せん断試験は、図-1 に示すように人工不連続面を模擬してあらかじめ打設した厚さ 50cm の底盤コンクリートの上に縁切りした縦、横共に 60cm、高さ 50cm のコンクリートブロックを用いて実施した。

供試体は計 4 個とし、各供試体の試験条件を表-1 に示す。CB による不連続面のせん断剛性の向上度を比較するため初期載荷垂直応力を 0.2MPa、0.6MPa、不連続面に対する CB 打設角度を 40°、90°の各 2 パターン、計 4 ケースとした。

## 3. 試験結果

最初に、各供試体の不連続面の変形特性と強度特性を把握するため、CB を打設しない状態でせん断試験を行った。続いて同供試体にトンネル等で使用実績の多い直径 15.2mm の CB を 1 ブロック当たり 2 本打設し、CB の補強効果把握のためのせん断試験を実施した。

図-2 に供試体 CBS-1 のせん断応力～せん断変位曲線である。CB が無い場合では、せん断変位が 0.05mm を越えた付近から不連続面の剛性が大きく低下し、0.2mm 程度でせん断破壊している。一方、CB を打設した場合、せん断応力は CB が無い時のせん断破壊時の変位を超えても増加し、せん断変位 1mm 付近で CB が降伏してからも、3.7MPa まで緩やかに増加した。試験は、せん断変位約 14mm でより線 7 本のうち数本が破断した所で試験を終了した。この結果より、CB の補強効果によりせん断剛性、せん断破壊強度とも増加したことがわかる。

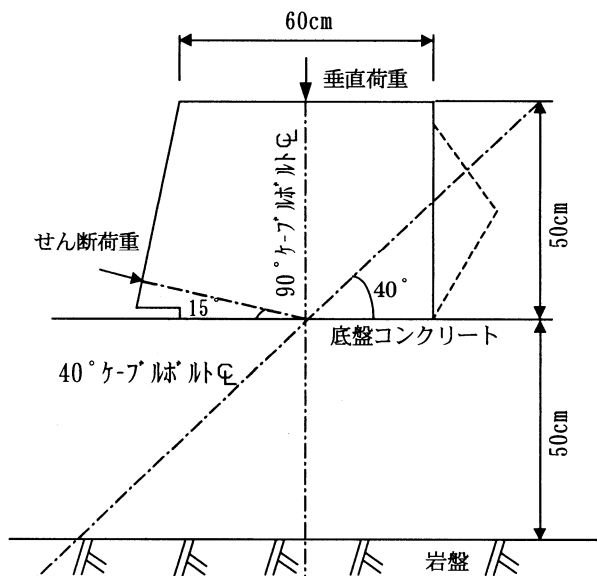


図-1 供試体

表-1 試験条件

| 供試体名  | 初期載荷応力 | ケーブルボルト打設角 |
|-------|--------|------------|
| CBS-1 | 0.2MPa | 40°        |
| CBS-2 | 0.6MPa |            |
| CBS-3 | 0.2MPa | 90°        |
| CBS-4 | 0.6MPa |            |

キーワード：不連続性岩盤、ケーブルボルト、支保効果、原位置試験

連絡先：〒542-0082 大阪府中央区島之内 1-20-19 ニュージェック Tel/Fax06-6245-4901/06-6251-2565

図-3 には、CB を打設した供試体（4 個）のせん断応力～せん断変位曲線を示す。図中の曲線は、実線および破線が初期載荷応力 0.6MPa、点線および一点破線が初期載荷応力 0.2MPa である。同図より、CB は打設角度が 40° の場合 15mm 前後で、打設角度が 90° の場合は 40mm 前後で破断している。せん断破壊強度は、初期載荷応力が大きい方が不連続面の負担するせん断応力が増すため若干大きくなるが、ボルトに作用する力および打設角度による差はほとんどないことがわかる。CB の引張破断時のせん断破壊強度がほぼ等しいにもかかわらず、せん断変位が 2 倍以上大きくなるのは、CB の打設角度 40° の場合には、初期から CB に作用する引張の力が卓越となり破断するのに対して、90° で打設した場合まず不連続面近傍のグラウトを破壊しながら CB の角度が水平方向に曲がり、40° の場合と同様に、CB に作用する引張力により破断するためだと考えられる。このことは CB の打設角度によらず、CB に作用する引張力によって管理基準や設計基準を評価できることを示唆している。

図-4 は、上述の試験結果をロックボルトを打設した供試体（前回実施）のせん断応力～せん断変位曲線を比較したものである。両者の試験条件は初期載荷垂直応力が 0.2MPa、打設角度が 40° である。せん断変位が 7mm 付近までは、支保の違いによる曲線の差異はほとんど認められない。しかし、ロックボルトの荷重負担が徐々になくなり破断するのに対して、ケーブルボルトは、直前まで荷重負担して破断している。このような両部材の破壊に至るまでのメカニズムの解明は今後の課題である。

#### 4. まとめ

一般に CB はせん断抵抗が期待できないと言われているが、本検討において 90° に打設した場合でも、十分補強効果があることが確認できた。続いて、本試験結果より CB の補強効果の定量的評価を目指したモデル化について検討する。

#### 参考文献

- 1) ジオフロンテ研究会：ケーブルボルトに関する調査報告書，1998。
- 2) 出野尚・土井智史・打田靖夫・中村真・櫻井春輔：ロックボルト打設模擬岩盤不連続面のせん断試験による EQR モデルの検証，土木学会第 53 回年次学術講演会，Ⅲ-A358，pp. 712～713，1998。

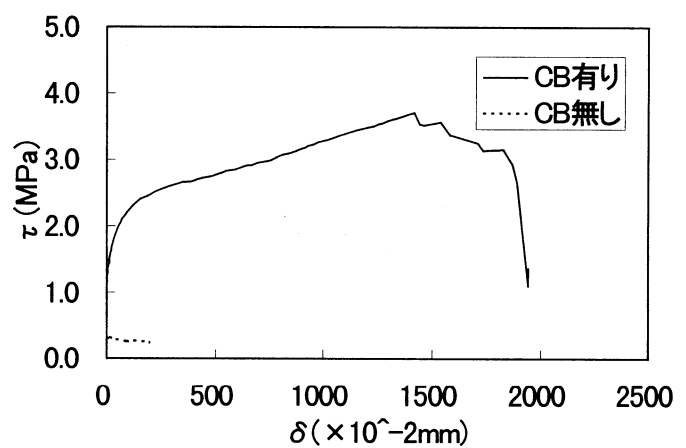


図-2 CB 有無のせん断試験結果の比較

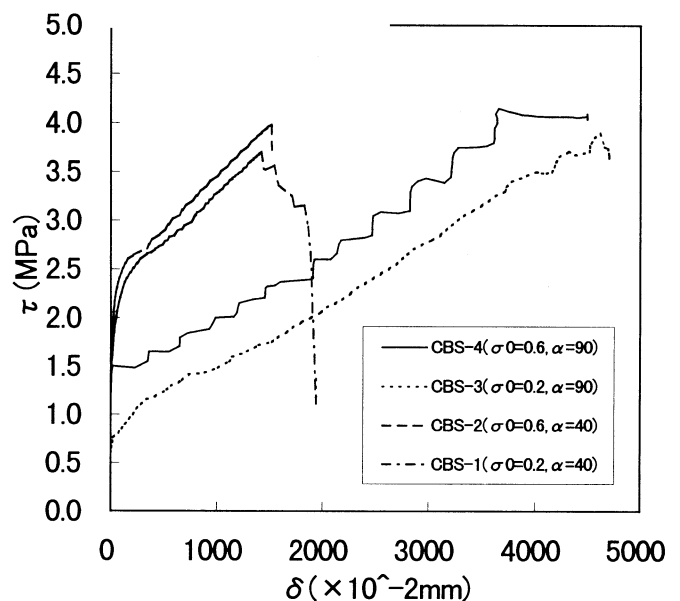


図-3 CB 打設せん断試験結果

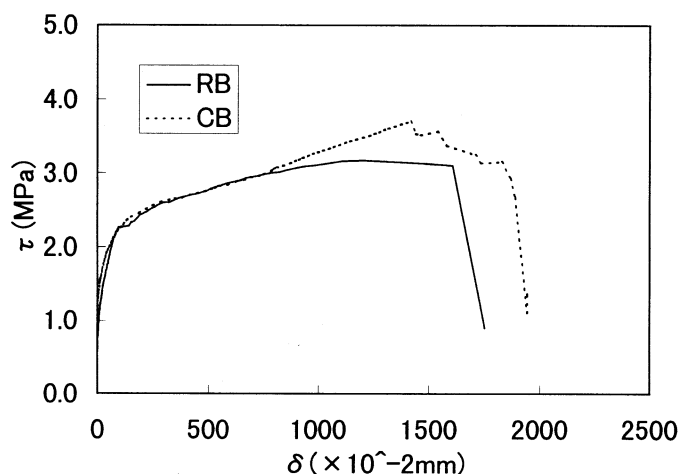


図-4 CB と RB 打設せん断試験結果の比較  
(初期載荷垂直応力 0.2MPa、打設角度 40°)